

Sensorrealistische Bildsimulation für KI-Anwendungen

Simulierte Szenen von Objekten in zufälliger Anordnung mit Objektverformungen. Die Kombination aus Materialmodellierung, Verformung und zufälliger Anordnung führt zu einem realistischen Erscheinungsbild (Bild1).

Ausgangssituation

Für die Digitalisierung und Automatisierung in der Produktion stellt die KI-basierte Bildverarbeitung eine Schlüsseltechnologie dar. Sowohl für die Qualitätssicherung als auch für die Bauteilhandhabung werden erforderliche Bilddatensätze oft unter hohem Zeitaufwand an realen Aufbauten aufgenommen. Um die so erzeugten Datensätze für das Training von maschinellen Lernverfahren nutzen zu können, müssen diese häufig durch Personen aus der Qualitätssicherung oder der Fertigung manuell annotiert werden. Dieser Prozess ist sehr zeitintensiv und zudem auch fehleranfällig und subjektiv. Mit zunehmender Komplexität der Maschine Vision Aufgabenstellung steigt die Anzahl an benötigten Szenen für das Training des KI-Modells. Zusätzlich muss der Trainingsdatensatz repräsentativ für die Aufgabenstellung sein. Bei vielen Inspektionsaufgaben mangelt es an ausreichend Bildmaterial von Defekt- und Fehlstellen, sodass keine ausgewogenen Trainingsdatensätze zur Verfügung gestellt werden können. Somit bleibt erhebliches Automatisierungspotenzial aus wirtschaftlichen Gründen bisher ungenutzt.

Synthetische Bild- und 3D-Daten

Abhilfe kann hier durch die synthetische Erzeugung von Bild- und 3D-Datensätzen geschaffen werden. Hierbei wird anhand von 3D-Modellen eine virtuelle Szene aufgebaut. Diese besteht aus der Beleuchtung, den Objekten (Geometrie, Materialien,

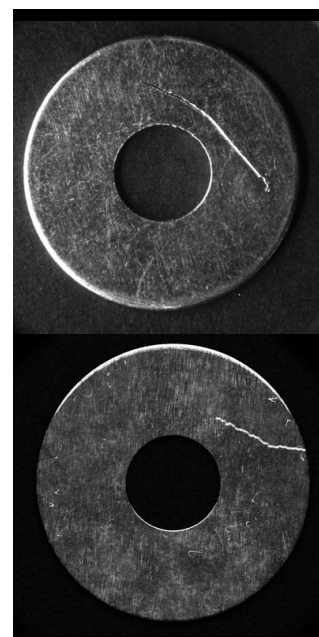
Textur und optische Eigenschaften) und den Sensoren (z. B. Kameras oder 3D-Sensoren). Für die Simulation der Sensordaten wird die Ausbreitung der Lichtstrahlen von der Beleuchtung bis zum Sensor mit physikalisch korrekten Renderingverfahren bestimmt. Durch diesen Ansatz werden die für die Aufgabenstellung relevanten optischen Effekte wie Spiegelungen, Reflexionen oder Schatten bei der Simulation physikalisch korrekt erzeugt.

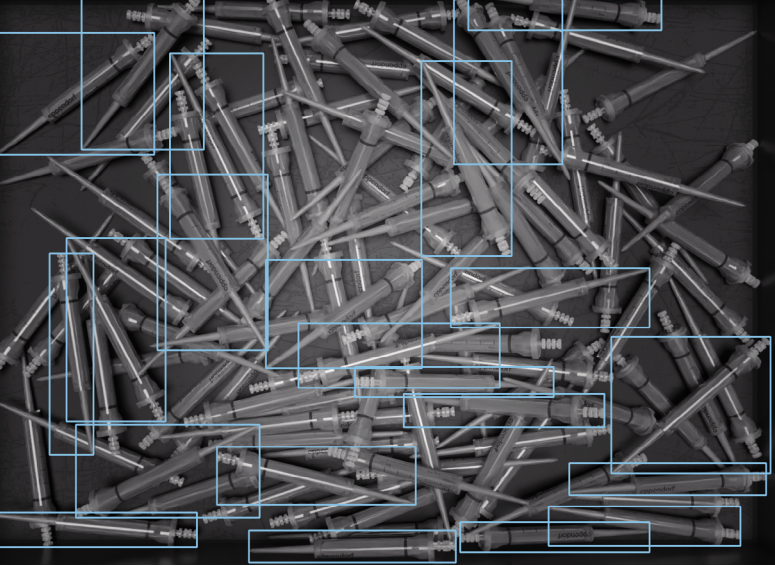
KI-basierte Qualitätsprüfung

Bei der sensorrealistischen Simulation von Trainingsdaten für die optische Sichtprüfung werden mit einem Defektgenerator virtuell Bauteilschäden wie z. B. Dellen, Beulen, Kratzer, Verformungen oder Kantenausbrüche in die Objektmodelle eingebracht. Die Ausprägung, Größe und Stärke der Schäden wird dabei zufällig variiert, sodass bei jedem synthetisch erzeugten Schaden ein individuelles Erscheinungsbild in den resultierenden Bildern entsteht.

Oben: Reale Kameraaufnahme einer Lochscheibe mit einem Kratzer.

Unten: Simuliertes Bild der Lochscheibe mit synthetisch erzeugtem Kratzer.





Synthetisches Bild von Kunststoffspritzen mit automatischer Annotation der greifbaren Objekte (Bild 2).

Mit diesen synthetisch erzeugten Bildern kann nun ein KI-Modell für die Defekterkennung trainiert werden. Für eine robuste Fehlererkennung wird neben dem Erscheinungsbild der Defekte ebenfalls das Aussehen der Bauteile verändert. Durch die Kombination aus realitätsnaher Modellierung und Randomisierung der Szenen können KI-Modelle, die nur auf synthetischen Daten trainiert wurden, auch auf realen Bildern Schäden zuverlässig detektieren.

KI-basiertes Objekthandling

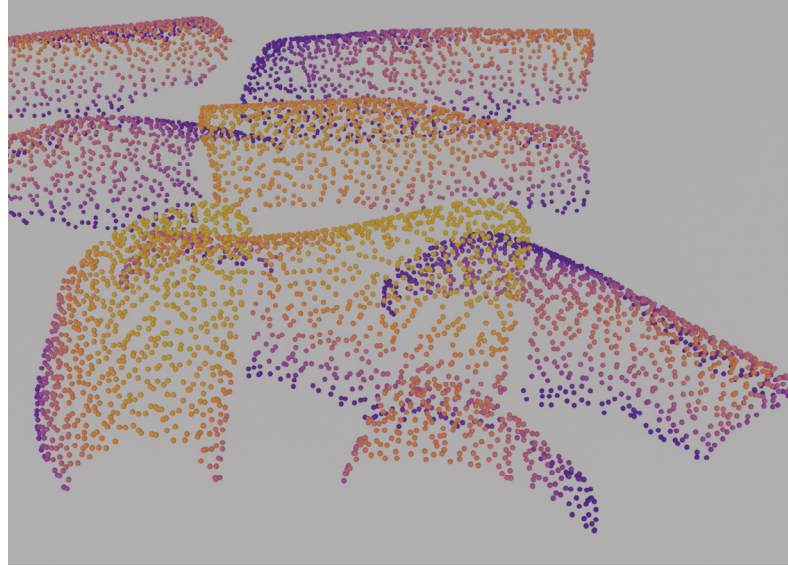
Ein Anwendungsfall im Bereich des Objekthandlings stellt die KI-basierte Objektlageerkennung aus 2D-Bildern dar. So können zufällige Schüttungen simuliert werden und Trainingsdaten für den Griff vom Band erzeugt werden. In Bild 1 bzw. Bild 4 ist jeweils ein synthetisches Bild von Verpackungen bzw. Müsliriegeln zu sehen.

Zusätzlich zu den 2D-Bildern können mit dem gleichen Verfahren 3D-Sensordaten simuliert werden. Somit können große Datensätze zur Objektlageerkennung im dreidimensionalen Raum automatisch erzeugt werden. In Bild 3 ist eine synthetische Punktwolke von ungeordneten Objekten abgebildet. Zusätzlich zu den Sensordaten kann die genaue 3D-Lage der Objekte ohne manuellen Aufwand generiert werden.

Neben der Objektlage können auch die für einen Roboter greifbaren Objekte automatisch erkannt werden. Hierfür wird ein Trainingsdatensatz erstellt, der neben dem synthetischen Kamerabild ebenfalls die Information enthält, welche der Objekte nicht von einem anderen Objekt verdeckt werden (Bild 2). Anhand des Datensatzes wird ein KI-Modell trainiert, das nur die greifbaren Objekte detektiert.



Simuliertes Bild von Müsliriegeln (Bild 4).



Simulierte Messdaten (Punktwolke) eines 3D-Sensors (Bild 3).

Vorteile des Verfahrens

Durch die Simulation von synthetischen Trainingsdaten können große Datensätze mit präzisen Annotationen automatisiert erzeugt werden. KI-Modelle für unterschiedliche Machine Vision Aufgabenstellungen, die nur auf synthetisch generierten Daten trainiert wurden, können auch auf realen Daten eingesetzt werden und erzielen zuverlässige Erkennungsergebnisse. Somit lassen sich sowohl für die Qualitätsprüfung als auch für die Handhabung mit Hilfe der sensorrealistischen Simulation KI-basierte Automatisierungslösungen umsetzen, die einen erheblichen Zeit- und Kostenvorteil bieten.

Zusammenarbeit

Wir beraten und unterstützen Sie gerne bei der synthetischen Erzeugung von Bild- und Sensordatensätzen für die Umsetzung von KI-basierten Automatisierungslösungen aus dem Bereich der 2D- und 3D-Bildverarbeitung.

Sprechen Sie uns gerne an.

Kontakt

M. Sc. Frederik Seiler
 Telefon +49 711 970-1279
 frederik.seiler@ipa.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Ira Effenberger
 Telefon +49 711 970-1853
 ira.effenberger@ipa.fraunhofer.de

**Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik
 und Automatisierung IPA**
 Nobelstraße 12 | 70569 Stuttgart

www.ipa.fraunhofer.de